پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۲۷-۱۲
Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 12-27
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.56412

بررسی خصوصیات مورفوفنولوژیک، شاخص‌های رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های اُمیدبخش متحمل به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی در نیشابور

حسن پُرسا[1]، عبدالرضا باقری[2*]، علی گنجعلی[3] و محمد عابد[4]

۱- کارشناس ارشد پژوهشی و پژوهشگر گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، porsa@um.ac.ir
۲- استاد گروه بیوتکنولوژی و بِه‌نژادی گیاهی دانشکدهٔ کشاورزی و عضو هیئت علمی پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکدهٔ علوم و عضو هیئت علمی پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ganjeali@um.ac.ir
۴- دانش‌آموختهٔ مهندسی کشاورزی، کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، نیشابور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی خصوصیات مورفوفنولوژیک، فیزیولوژیک و عملکردی ژنوتیپ‌های اُمیدبخش متحمل به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی، آزمایشی در نیشابور در سال زراعی۱۳۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. در این آزمایش، پنج ژنوتیپ اُمیدبخش حاصل آزمایشات گذشته (MCC80، MCC352، MCC392، MCC537 و MCC696) و دو ژنوتیپ تجاری به‌عنوان شاهد (ILC482 و کرج۳۱-۶۰-۱۲) در شرایط آبیاری تکمیلی (آبیاری در زمان کاشت و نیز مرحلهٔ گلدهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای میان ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد روز از کاشت تا سبزشدن، گلدهی و غلاف‌دهی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی، اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه وجود داشت؛ به‌طوری که تفاوت‌های معنی‌داری برای این صفات در میان ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. ژنوتیپ MCC80 با ۹۷۰کیلوگرم در هکتار از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بود که بیش از دو برابر عملکرد دانه در شرایط دیم و حدود ۷۵درصد عملکرد دانه نسبت به شرایط آبی در منطقه می‌باشد. این ژنوتیپ، کمترین تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی و بیشترین تعداد غلاف در بوته را نیز دارا بود؛ اما عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های شاهد کرج۱۲-۶۰-۳۱ (۳۲۴کیلوگرم در هکتار) و ILC482 (۳۲۰کیلوگرم در هکتار)، از متوسط عملکرد دانهٔ نخود در شرایط دیم منطقه نیز کمتر بود. بنابراین می‌توان ضمن تکرار چنین آزمایشاتی، گزینهٔ کشت ژنوتیپ‌هایی ازجمله MCC392، MCC352 و به‌ویژه MCC80 را همراه با آبیاری تکمیلی در زمان کاشت و هنگام گلدهی در این منطقه، به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش متحمل به خشکی درنظرگرفت.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف در بوته، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، شاخه‌های اولیه و ثانویه، گلدهی

مقدمه

در منطقهٔ خراسان، نخود (*Cicer arietinum* L.) دیم اغلب به‌صورت سنتی در انتهای فصل زمستان (اسفند یا فروردین) با تکیه بر رطوبت ذخیره‌شده در خاک کشت می‌شود. به‌این‌ترتیب، رشد سریع گیاه با مرحله‌ای منطبق می‌شود که رطوبت خاک با گذشت زمان به‌طور فزاینده‌ای کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، مقدار و الگوی پراکنش بارندگی در طول فصل رشد نیز بسیار نامناسب است و گیاهان معمولاً در دورهٔ رشد رویشی با تنش خشکی متناوب و در مرحلهٔ رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به‌صورت توأم مواجه می‌شوند که نتیجهٔ آن، اختلال در گرده‌افشانی و انتقال مواد

*نویسنده مسئول: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی و بِه‌نژادی گیاهی، abagheri@um.ac.ir

فتوسنتزی به دانه‌ها است که منجر به کاهش شدید عملکرد می‌شود؛ به‌طوری‌که متوسط عملکرد نخود دیم در سطح استان، فقط ۲۰۰ تا۳۰۰کیلوگرم در هکتار است (Ganjeali & Parsa, 2009). بدیهی است در این مناطق، منطبق‌نمودن مراحل حساس فنولوژی با فراهمی رطوبت در خاک و نیز گزینش برای گیاهانی که بتوانند چرخهٔ زندگی خود را قبل از وقوع خشکی و گرمای انتهای فصل تکمیل نمایند (زودرسی و فرار از خشکی) و یا از قابلیت تحمل و مقاومت به خشکی بالایی برخوردار باشند، به‌عنوان اولین گام برای بهبود تولید نخود در شرایط دیم، مورد توجه است (Ganjeali & Parsa, 2009).

هریک از گیاهان زراعی معمولاً در مرحلهٔ خاصی از دورهٔ رشد، بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان می‌دهند که در صورت بروز تنش در این مرحله، گیاه بیشترین خسارت را متحمل می‌شود. بررسی‌ها در گیاه نخود نشان داده است که مرحلهٔ رشد رویشی، نسبت به سایر مراحل رشدی گیاه، حساسیت کمتری به تنش خشکی دارد. کمبود آب به‌دلیل کم‌شدن آماس سلولی و درنتیجه، کاهش رشد و فتوسنتز، بیشترین تأثیر منفی را بر توسعهٔ سلول‌ها دارد. به‌نظر می‌رسد گیاه نخود در مراحل انتهایی گلدهی و شروع تشکیل غلاف‌ها، حساسیت بیشتری به تنش خشکی داشته باشد (Mekenzie & Hill, 1995).

Singh & Saxena (1990) با انجام آبیاری تکمیلی در مناطق دارای تنش خشکی، افزایش عملکرد دانه را تا ۵۶درصد گزارش کردند. مطالعات انجام‌گرفته در هندوستان نشان داده است که آبیاری تکمیلی به‌منظور رفع تنش رطوبت در مراحل بحرانی رشد گیاه، تأثیر جدّی در افزایش عملکرد نخود داشته است و در این ارتباط، مراحل گلدهی و غلاف‌دهی بیشترین حساسیت را به کمبود آب نشان داده‌اند (Singh, 1997). در مرکز تحقیقات ایکاردا در تل‌هادیای کشور سوریه، واکنش ارقام بهاره و زمستانهٔ نخود به آبیاری تکمیلی کاملاً بارز بوده است. انجام آبیاری در مناطقی که درجه‌حرارت در مرحلهٔ رشد و نموّ گیاه از حدّ بهینه فراتر می‌رود، تأثیر مطلوبی در کاهش درجه‌حرارت خاک و کانوپی گیاه داشته و برای گره‌زایی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن و نهایتاً عملکرد، مفید بوده است (Singh & Saxena, 1990).

در آزمایش Yadav *et al,* (1994) انجام آبیاری تکمیلی قبل از مرحلهٔ گلدهی و پُرشدن غلاف‌ها، گرچه تأثیر معنی‌داری بر وزن۱۰۰دانهٔ نخود داشت، ولی تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نداشت؛ بااین‌حال باعث افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۶۰۰کیلوگرم در هکتار شد. Pezeshkpour *et al,* (2005) عنوان کردند که آبیاری تکمیلی نخود در مرحلهٔ ۵۰درصد گلدهی دارای بیشترین عملکرد دانه (۱۵۸۶کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمارهای دیگر آزمایش (بدون آبیاری و آبیاری تکمیلی در مرحلهٔ غلاف‌دهی) بود و در این تیمار، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف تک‌دانه، تعداد غلاف دوبذری و درصد کلروفیل، نسبت به دو تیمار دیگر، بیشتر بود. Ganjeali *et al,* (2008) بیان داشتند وقوع تنش در مرحلهٔ گلدهی باعث ریزش گُل‌ها شده و به‌دنبال آن، تعداد غلاف در گیاه به‌شدت کاهش می‌یابد. Dahiya *et al,* (1983) نیز گزارش کردند که آبیاری تکمیلی در زمان۵۰درصد گلدهی، بیشترین عملکرد دانه را حاصل می‌کند.

مطالعات نشان می‌دهند وقوع شرایط نامساعد محیطی قبل از گلدهی، بیشتر بر تعداد دانه و بعد از گلدهی، بر وزن دانه تأثیرگذار هستند (Gupta, 1997). در این راستا، مجموعهٔ عواملی که بتوانند سرعت‌رشد محصول را در دوران رشد زایشی گیاه افزایش داده و دوام سطح برگ را برای یک دورهٔ طولانی‌تر حفظ نمایند، احتمالاً وزن دانه را به‌مقدار زیادی افزایش خواهد داد (Singh, 1991).

Goldani & Rezvani-Moghaddam (2006) نتیجه گرفتند که در گیاه نخود، آبیاری در اوایل گلدهی نسبت به آبیاری قبل از کاشت، قبل از گلدهی و قبل از غلاف‌دهی، تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه دارد. در آزمایش ایشان، اِعمال تنش خشکی در مرحلهٔ گلدهی باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه شد. در مطالعهٔ دیگر (Kalyan *et al.*, 1988) انجام دوبار آبیاری در عدس (*Lens culinaris*) در زمان قبل و بعد از گلدهی، عملکرد دانه را به‌میزان ۵۲/۷درصد نسبت به شاهد (بدون آبیاری) و ۱۷/۷درصد نسبت به یک‌بار آبیاری قبل از گلدهی افزایش داد. در آزمایش مذکور، آبیاری قبل از گلدهی باعث افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۲۹/۷درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

Chavan & Patil (1998) اظهار کردند که گیاه نخود در صورت کمبود رطوبت ذخیره‌شده در خاک، به آبیاری تکمیلی واکنش نشان می‌دهد؛ اگرچه به زیادیِ رطوبت خاک نیز بسیارحساس است. در آزمایش این محققان، بالاترین عملکرد دانهٔ نخود (۲۰۳۰کیلوگرم در هکتار) در تیمار سه‌بار آبیاری در ۲۵، ۵۰ و ۷۵روز بعد از کاشت حاصل شد.

بررسی‌ها نشان داده است که تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه در دوران گلدهی، نقش مؤثری در گرده‌افشانی مؤثر و افزایش تعداد دانه در گیاهان مختلف و از جمله نخود داشته است (Singh & Saxena, 1990; Thomson & Siddique, 1997).

Shobeyri *et al*., (2007) در بررسی سه رقم نخود گزارش دادند که حداکثر سرعت‌رشد محصول، در تیمار آبیاری کامل در۶۶۰درجه-روز رشد و کمترین آن، در تیمار بدون آبیاری در۴۶۰درجه-روز رشد حاصل شد. در این آزمایش، گیاهان در تیمار آبیاری در مرحلهٔ گلدهی، نسبت به آبیاری قبل از گلدهی و بدون آبیاری، از سرعت‌رشد محصول بالاتری برخوردار بودند.

در آزمایش دیگری Goldani & Rezvani-Moghaddam (2007) نتیجه گرفتند که روند کاهش سرعت‌رشد نسبی در تیمار سه نوبت آبیاری (قبل از کاشت، قبل از گلدهی، و غلاف‌دهی) در مقایسه با سایر رژیم‌های آبیاری، به‌ویژه تیمار بدون آبیاری، ملایم‌تر بود؛ به‌طوری‌که در زمان گلدهی، سرعت‌رشدنسبی نسبت به سایر مراحل رشدی، کاهش کمتری داشت. Katiyar (1980) طی آزمایشی بر روی نخود بیان داشت که سرعت رشد نسبی در اکثر واریته‌های نخود به‌مدت کوتاهی قبل از گلدهی در حداکثر مقدار است؛ اما با شروع مرحلهٔ رشد زایشی، سرعت رشد نسبی، کاهش و در انتهای این مرحله به‌علت ریزش برگ‌ها و کاهش مادهٔ خشک تولیدی، به‌شدت کاهش یافت. در یک آزمایش روی سه رقم نخود، بالاترین شاخص‌سطح‌برگ (۲/۴۰)، به تیمار سه‌بار آبیاری و کمترین آن (۱/۶۰) به تیمار بدون آبیاری اختصاص داشت. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین سطح برگ در مرحلهٔ گرده‌افشانی با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Saxena, 1990; Singh *et al*., 1997).

با توجه به موارد مذکور، این مطالعه به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های منتخب متحمل به خشکی، حاصل از آزمایش‌های قبلی و مطالعهٔ دقیق‌تر آنها و نیز بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های فوق در مناطق تولید با دو نوبت آبیاری در مرحله کاشت و نیز در مرحلهٔ گلدهی به‌عنوان آبیاری تکمیلی، جهت معرفی ارقام متحمل به خشکی و پُرمحصول نخود در شرایط آبیاری تکمیلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعهٔ آموزشی‌تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی نیشابور با هدف ارزیابی ژنوتیپ‌های اُمیدبخش نخود متحمل به خشکی حاصل آزمایش‌های قبلی (Ganjeali *et al*., 2009; Porsa *et al*., 2010; Ganjeali, 2009) و نیز بررسی سازگاری این ژنوتیپ‌ها در منطقه نیشابور با دو نوبت آبیاری (آبیاری اول در مرحله کاشت و آبیاری دوم به‌عنوان آبیاری تکمیلی در مرحلهٔ گلدهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طیّ سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد.

میانگین درازمدت بارندگی در نیشابور، ۲۴۳میلی‌متر و میانگین توزیع فصلی آن به‌صورت زمستان ۵۷درصد، پاییز ۲۲/۱درصد، بهار ۱۹/۵درصد و تابستان ۱/۴درصد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن، نیمه‌خشک می‌باشد. آمار میانگین ماهیانهٔ داده‌های هواشناسی مربوط به فصل زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در نیشابور در جدول۱ نشان داده شده است.

به‌منظور تعیین خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌هایی به‌صورت تصادفی از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک برداشت شدند و سپس تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی نمونه مرکب حاصل در آزمایشگاه آب‌وخاک انجام گرفت (جدول۲).

آماده‌سازی مزرعه و کاشت

مزرعه آزمایشی در سال زراعی قبل، آیش بود و در پاییز۱۳۸۹ شخم زده شد و پس از تسطیح، عملیات کودپاشی بر اساس توصیهٔ آزمایشگاه خاکشناسی، به‌مقدار۵۰کیلوگرم کود اوره (دارای ۴۶درصد نیتروژن)، ۲۵۰کیلوگرم کود سوپرفسفات آمونیوم (حاوی حدود ۴درصد نیتروژن و ۱۳درصد فسفر) و ۱۰۰کیلوگرم کود سولفات پتاسیم (حاوی ۴۲درصد پتاسیم) در هکتار، به‌صورت دست‌پاشی انجام گرفت. سپس بذور هفت ژنوتیپ نخود شامل پنج ژنوتیپ اُمیدبخش متحمل به خشکی حاصل آزمایش‌های گذشته (MCC80، MCC352، MCC392، MCC537 و MCC696) و دو ژنوتیپ به‌عنوان شاهد شامل ILC482 (MCC252) و کرج۳۱-۶۰-۱۲ (MCC358) (جدول۳)، با تراکم ۳۰بوته در مترمربع با فاصلهٔ ردیف ثابت۵۰ سانتی‌متر در کرت‌هایی مشتمل بر شِش ردیف به‌طول چهار متر و عرض سه متر کشت شدند. بذور از بانک بذر حبوبات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد[1] تأمین شدند.

عملیات کاشت در فروردین۱۳۹۰ با ایجاد شیاری به عمق پنج تا شِش سانتی‌متر روی پشته‌ها و قراردادن بذور به فاصلهٔ شِش‌ونیم سانتی‌متر از یکدیگر، انجام شد. عملیات داشت بر اساس روال رایج صورت گرفت. مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی طیّ سه‌مرحله انجام شد. به‌منظور مبارزه با آفاتی مانند شته و کرم دانه‌خوار (هلیوتیس)، مزرعه طیّ سه‌مرحله با سموم متاسیستوکس و دلتامترین به نسبت یک‌درهزار، سمپاشی شد.

[1] Mashhad Chickpea Collection (MCC)

جدول ۱- آمار داده‌های هواشناسی مربوط به فصل زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در نیشابور

Table 1. Meteorological data for 2010-2011 season in Nishabour

ماه **Month**	میزان بارش در ماه (میلی‌متر) **Monthly precipitation** (mm)	متوسط حداکثر دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) **Mean of monthly maximum temperature** (°C)	متوسط حداقل دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) **Mean of monthly minimum temperature** (°C)	متوسط حداکثر رطوبت ماهیانه (درصد) **Mean of monthly maximum humidity** (%)	متوسط حداقل رطوبت ماهیانه (درصد) **Mean of monthly minimum humidity** (%)
October 2010 -مهر۱۳۸۹	0.2	27.36	8.96	64	24
November 2010 -آبان ۱۳۸۹	27.6	15.26	1.56	82	38
December 2010 -آذر۱۳۸۹	13.3	11.3	0.6	82	46
January 2011 -دی۱۳۸۹	5.9	9.76	- 3.63	87	44
February 2011 -بهمن ۱۳۸۹	71.6	10.5	0.23	80	49
March 2011 -اسفند۱۳۸۹	20.3	16.34	2.79	80	30
April 2011 -فروردین۱۳۹۰	8.1	23.4	7.96	70	85
May 2011 -اردیبهشت۱۳۹۰	14.6	29.09	11.58	66	21
June 2011 -خرداد۱۳۹۰	0.5	34.09	16.41	56	19
July 2011 -تیر۱۳۹۰	0	35.25	18.61	53	21
August 2011 -مرداد۱۳۹۰	0	34.67	15.67	44	15
September 2011 -شهریور۱۳۹۰	0.7	31.74	12.51	54	18

(مأخذ، سایت سازمان هواشناسی کشور، وزارت راه و شهرسازی)

Website of Meteorological Organization; The Ministry of Roads and Urban Development

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Soil physical and chemical properties of experimental location

عمق خاک **Soil depth** (cm)	بافت خاک **Soil texture**	درصد رُس **%Clay**	درصد لای **%Silt**	درصد شن **%Sand**	پتاسیم قابل‌جذب **Absorbable potassium** (ppm)	فسفر قابل‌جذب **Absorbable phosphorus** (ppm)	درصد کربن‌آلی **O.C%**	درصد مواد خنثی‌شونده **T.N.V%**	هدایت الکتریکی **EC** **$dS.m^{-1}$**	واکنش گِل اشباع **pH**
0-30	Lome	24	32	44	100	5	0.195	18	2.8	7.5

جدول ۳- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد آزمایش
Table 3. Characteristics of chickpea genotypes

ردیف No.	شمارۀ MCC MCC no.	تیپ Type	مشخصات دیگر Other details
1	80	کابلی- Kabuli	5311
2	252	کابلی- Kabuli	ILC482
3	352	کابلی- Kabuli	12247
4	358	کابلی- Kabuli	Karaj 12-60-31
5	392	کابلی- Kabuli	کرمانشاه- Kermanshah
6	537	کابلی- Kabuli	ایران- Iran
7	696	کابلی- Kabuli	ایران- Iran

ثبت مراحل فنولوژی و اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد و شاخص‌های رشد

مراحل فنولوژی شامل تعداد روز تا هر یک از مراحل سبزشدن، گُلدهی و غلافدهی، بر اساس تعداد روز تا وقوع ۵۰درصد از هر مرحله، ثبت شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد پنج بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت در مرحلۀ رسیدگی فیزیولوژیک، انتخاب گردید و ارتفاع ساقۀ اصلی آنها از سطح زمین، تعیین شد و سپس میانگین آن برای هر کرت ثبت گردید. برای اندازه‌گیری تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه و نیز اجزای عملکرد دانه، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی در زمان برداشت، انتخاب و پس از شمارش تعداد شاخه‌ها، تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه، میانگین حاصله ثبت شد. وزن۱۰۰دانه بر اساس شمارش پنج نمونۀ بذر۱۰۰تایی و توزین و میانگین‌گیری، محاسبه و ثبت شد. برای تعیین عملکرد دانه، سطحی در حدود ۹مترمربع از هر کرت، پس از حذف حاشیه‌ها، برداشت و پس از بوجاری، میزان بذر تولیدی در واحد سطح، تعیین شد.

به‌منظور محاسبۀ شاخص‌های رشد، نمونه‌برداری در طول دورۀ رشد، طیّ شِش مرحله به‌فاصلۀ هفت‌روز از یکدیگر انجام گرفت. نمونه‌ها، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردیده و پس از جُدانمودن برگ‌ها، سطح برگ آنها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح‌برگ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به دستگاه آون منتقل گردیده و پس از خشک‌شدن، وزن‌خشک آنها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱گرم تعیین شد. شاخص‌سطح‌برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی، به‌ترتیب با استفاده از معادله‌های۱، ۲ و ۳ تعیین شد (Hunt, 1994):

معادلۀ۱:

$$LAI= [(LA1/W1)+(LA2/W2)/2$$

LAI: شاخص‌سطح‌برگ متوسط در بازۀ زمانی$t1$ و$t2$؛ LA1: سطح‌برگ در زمان$t1$؛ W1: وزن‌خشک گیاه در زمان t1؛ LA2: سطح‌برگ در زمان$t2$؛ W2: وزن‌خشک گیاه در زمان $t2$.

معادلۀ۲:

$$CGR= (1/P)\times(W2-W1)/(t2–t1)$$

CGR: سرعت‌رشدمحصول در واحد سطح زمین (P)؛ W1: وزن‌خشک گیاه در زمان$t1$؛ W2: وزن‌خشک گیاه در زمان$t2$.

معادلۀ۳:

$$RGR= (logeW2-logeW1)/(t2– t1)$$

RGR: سرعت‌رشدنسبی؛ W1: وزن‌خشک گیاه در زمان t1؛ W2: وزن‌خشک گیاه در زمان$t2$.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه واریانس داده‌ها، از نرم‌افزار MSTAT-C (ver.: 1.42) استفاده شد و مقایسۀ میانگین‌ها نیز به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 97-2003 استفاده گردید.

نتایج و بحث

صفات فنولوژیک

نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد روز از کاشت تا سبزشدن بذرها داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80 و MCC696 از کمترین و

ژنوتیپ‌های MCC252 و MCC392 از بیشترین روز از کاشت تا سبزشدن، برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های MCC80 و MCC696 از این حیث، تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های MCC358، MCC252 و MCC392 داشتند؛ ولی تفاوت آنها با سایر ژنوتیپ‌ها، معنی‌دار نبود (شکل ۱). تسریع در سبزشدن، باعث کاهش طول دورۀ رشد و پیش‌افتادن مراحل فنولوژیک گیاه و در نتیجه، زودرسی خواهد بود. به‌علاوه، سبزشدن سریع، احتمال میزان ابتلاء به بیماری‌های خاکزاد را کاهش داده و امکان استفادۀ بهتر از رطوبت و منابع موجود را برای گیاه فراهم خواهد آورد (Bagheri *et al*., 1997).

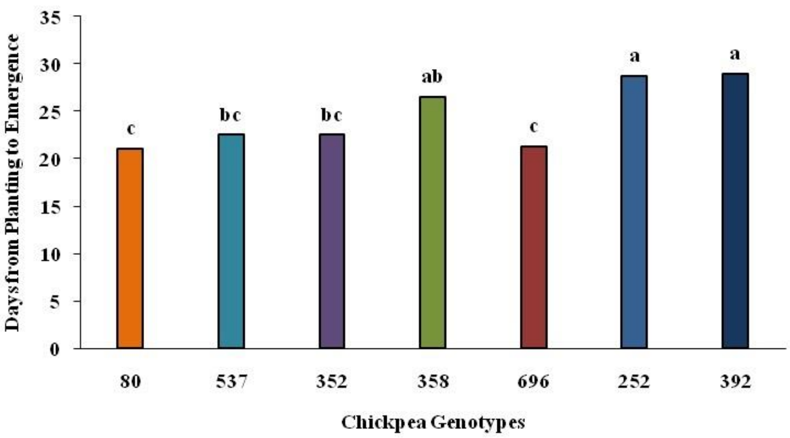
جدول ۴- تجزیۀ واریانس صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود

Table 4. Analysis of variance for chickpea genotypes characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares: روز از کاشت تا سبزشدن Days from planting to emergence	روز از کاشت تا گلدهی Days from planting to flowering	روز از کاشت تاغلاف‌دهی Days from planting to podding	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اصلی Primary branches No.	تعداد شاخه فرعی Secondary branches No.	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	وزن۱۰۰دانه 100Seed weight	عملکرد بوته Plant yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	3	3.476	13.560	2.131	0.603	0.193	4.528	28.938	1.265	100.285	16630.014
تیمار Treatment	6	48.850**	137.333**	659.226**	38.296 **	0. 885*	11.019*	94.917*	66.146**	191.158*	68288.49*
خطا Error	18	4.22	18.32	1.797	6.347	0.283	3.591	24.972	3.255	72.39	14649.410
ضریب تغییرات (درصد) CV%		8.39	7.76	1.83	7.96	3.31	4.86	6.68	8.16	37.91	36.12

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد

*, **: Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively



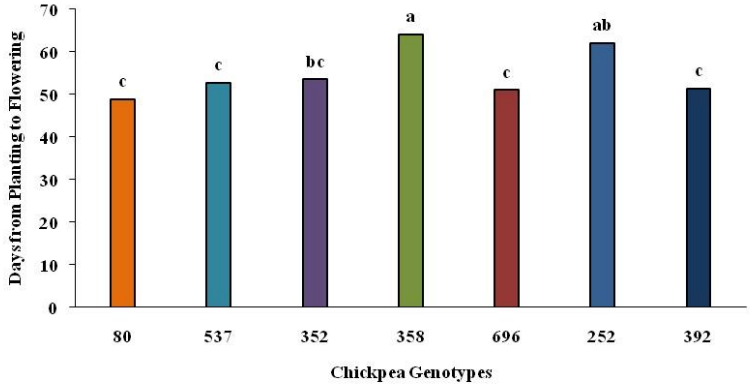
شکل ۱- تعداد روز از کاشت تا سبزشدن ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 1. Days from planting to emergence of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری (P≤ 0.01) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.01), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

همچنین، نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد روز از کاشت تا گلدهی داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80، MCC696، MCC392 و MCC537 از کمترین و ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC252 از بیشترین تعداد روز از کاشت تا گلدهی برخوردار بودند؛ به‌شکلی‌که تفاوت میان این دو گروه، معنی‌دار (P≤0.05) بود (شکل۲). به‌نظر می‌رسد وقوع تنش خشکی انتهایی، باعث القای زودرسی در ژنوتیپ‌های MCC80، MCC696، MCC392 و MCC537 شده است. احتمالاً این ژنوتیپ‌ها از مکانیسم فرار از خشکی برای مقاومت به خشکی بهره می‌گیرند. آزمایش‌های متعدد، مؤید آن است که وقوع تنش خشکی، گلدهی را تسریع و مراحل فنولوژیک را کوتاه نموده است (Koochacki & Nasiri, 1992).



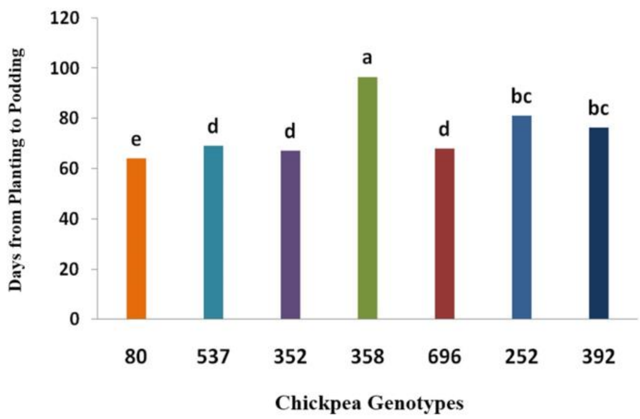
شکل ۲- تعداد روز از کاشت تا گلدهی ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 2. Days from planting to flowering of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری (P≤ 0.01) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.01), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر روز از کاشت تا غلاف‌دهی داشت (جدول۴). نتایج مؤید آن بود که ژنوتیپ MCC80 از کمترین روز از کاشت تا غلاف‌دهی و ژنوتیپ MCC358 از بیشترین روز از کاشت تا غلاف‌دهی برخوردار بودند. ژنوتیپ MCC80 از این حیث تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت (شکل ۳).



شکل ۳- تعداد روز از کاشت تا غلاف‌دهی ژنوتیپ‌های نخود

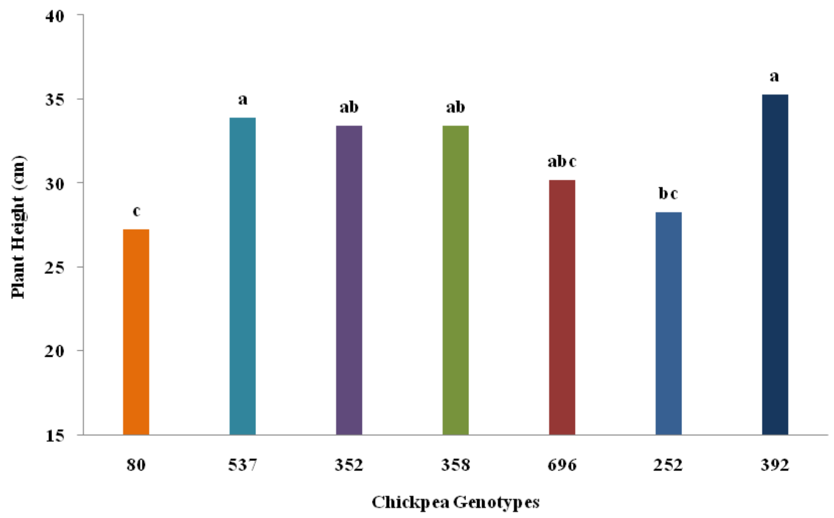
Fig. 3. Days from planting to podding of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری (P≤ 0.01) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.01), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

صفات مورفولوژیک

بر اساس نتایج، ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی نخود داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80 از کمترین و MCC537 و MCC392 از بیشترین ارتفاع بوته برخوردار بودند (شکل ۴). میزان تفاوت ارتفاع بوته در ژنوتیپ MCC80 نسبت به همۀ ژنوتیپ‌های دیگر، به‌جُز دو ژنوتیپ MCC252 و MCC696 معنی‌دار بود (شکل ۴).



شکل ۴- ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 4. Plant height of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.01$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

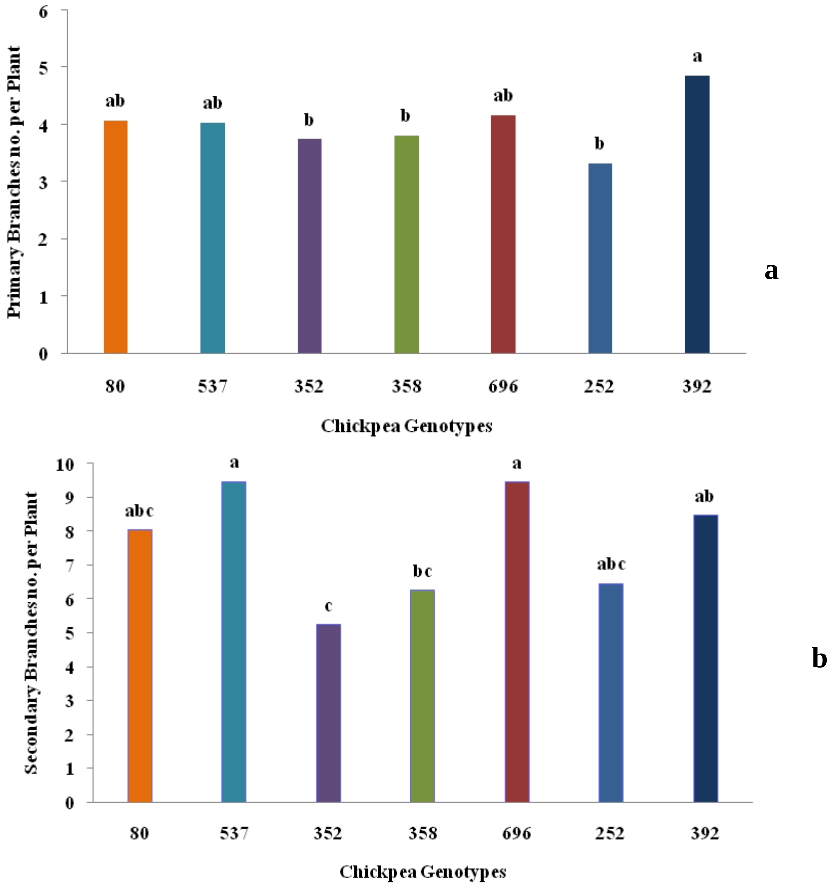
بر اساس نتایج، ژنوتیپ MCC392 بیشترین و ژنوتیپ‌های MCC252، MCC358 و MCC352 کمترین تعداد شاخۀ اولیه در بوته را دارا بودند (شکل۵) که تفاوت میان آن‌ها از این نظر، معنی‌دار بود ($P\leq 0.05$). همچنین، ژنوتیپ MCC352 از کمترین تعداد شاخۀ ثانویه در بوته و ژنوتیپ‌های MCC696 و MCC537 از بیشترین تعداد برخوردار بودند (شکل ۵) که تفاوت میان آن‌ها معنی‌دار نیز بود ($P\leq 0.05$).

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانۀ تک‌بوته و نیز عملکرد دانه در واحد سطح داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80 بیشترین و MCC358 کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (شکل۶). تفاوت ژنوتیپ MCC80 از این نظر، با همۀ ژنوتیپ‌های دیگر، به‌جُز ژنوتیپ MCC696 معنی‌دار بود (شکل۶). به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ MCC80 با جلوانداختن رشد رویشی خود، حداقل تا حدودی از برخورد با دمای بالا اجتناب نموده و در نتیجه، گلدهی آن در دماهای نسبتاً پایین‌تر و نیز رطوبت بیشتر خاک، صورت گرفته است. عوامل فوق باعث شده است تا با کاهش درصد عقیم‌ماندن گُل‌ها، میانگین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ MCC80 (۲۳غلاف) نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها، افزایش یابد.

همچنین، دو ژنوتیپ MCC252 و MCC352، به‌ترتیب کمترین و بیشترین وزن۱۰۰دانه را داشتند؛ ضمن این‌که تفاوت میان ژنوتیپ MCC252 از این نظر، علاوه بر MCC352 با دو ژنوتیپMCC537 و MCC392 نیز معنی‌دار بود (شکل۷). به‌نظر می‌رسد با انجام آبیاری در زمان گلدهی، در ژنوتیپ‌هایی مانند MCC352، محدودیت رطوبت برای رشد برطرف شده و زمینه برای انتقال مواد فتوسنتزی به‌سمت مخازن و استفادۀ بهتر از شرایط در جهت تداوم بیشتر

رشد فراهم گردیده است. همچنین کاهش وزن۱۰۰دانه در ژنوتیپ‌هایی مانند MCC358 و MCC252 که دارای مراحل فنولوژی طولانی‌تری بوده‌اند، احتمالاً به‌دلیل تداوم رشد رویشی و همزمانی احتمالیِ مرحلۀ انتقال و اختصاص اسیمیلات به دانه‌ها با خشکی انتهایی فصل و اختلال در انتقال بوده است. در یک آزمایش با انجام آبیاری تکمیلی در مرحلۀ پُرشدن دانه‌ها، وزن۱۰۰دانه به‌ویژه در تودۀ محلی گریت، افزایش یافت و به‌دنبال آن، عملکرد دانه نیز تا حدودی در مقایسه با شرایط دیم (بدون آبیاری تکمیلی)، بهبود پیدا نمود (Fallah *et al.*, 2005).



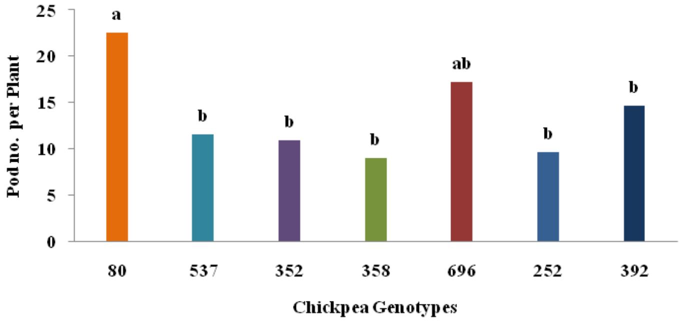
شکل ۵- تعداد شاخه‌های اولیه (الف) و ثانویه (ب) در بوته ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 5. Primary (a) and secondary (b) branches number per plant in chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

بر اساس نتایج، در مورد هردو صفت عملکرد دانۀ تک‌بوته و عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های MCC252 و MCC358 از کمترین و ژنوتیپ MCC80 از بیشترین میزان برخوردار بودند (شکل۸ و ۹). آبیاری تکمیلی، تعداد غلاف‌ها را در اکثر ژنوتیپ‌ها به‌ویژه ژنوتیپMCC80 افزایش داد (شکل۶) و به‌دنبال آن، عملکرد دانه در این ژنوتیپ به ۹۷۰کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که در مقایسه با میانگین عملکرد دانۀ نخود در شرایط دیم در شهرستان نیشابور (۳۸۰کیلوگرم در هکتار) و نیز حصول نزدیک به ۷۵درصد عملکرد دانه در شرایط آبی، چشمگیر است. در این آزمایش، عملکرد دانه در رقم تجاری کرج (MCC358)، حدود ۳۲۴کیلوگرم در هکتار و در رقم MCC252 حدود ۳۲۰کیلوگرم در هکتار ثبت شد که کمتر از متوسط عملکرد دانه در شرایط دیم در منطقه است.

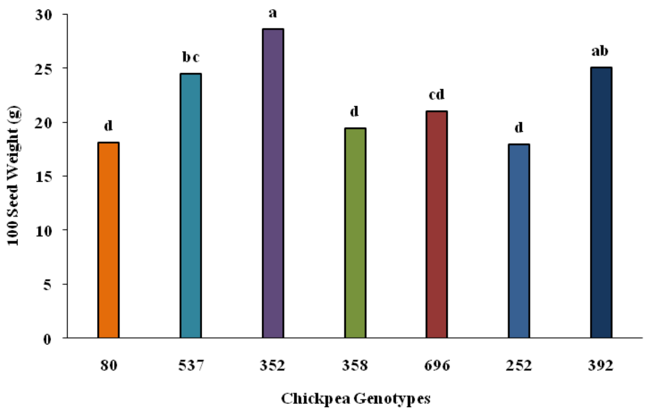


شکل ۶- تعداد غلاف در بوتۀ ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 6. Pod number per plant in chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

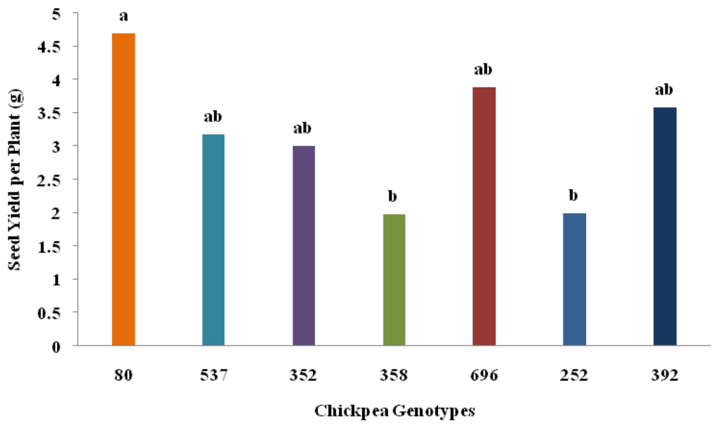


شکل ۷- وزن۱۰۰دانه ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 7. 100 seed weight of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.01$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT)

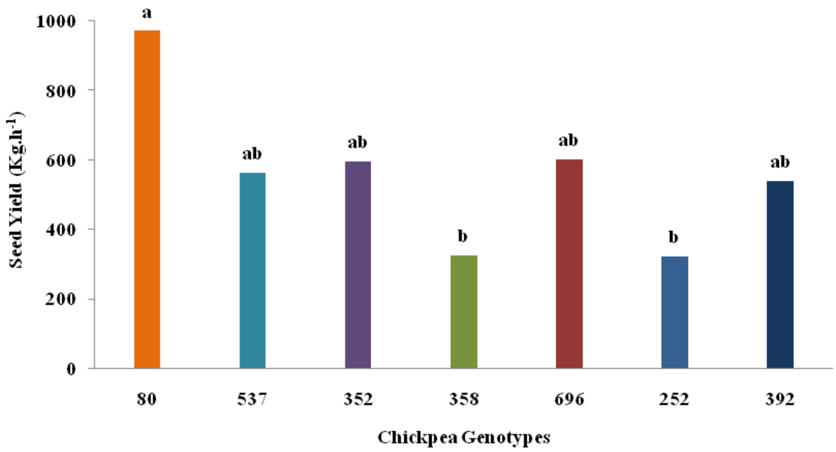


شکل ۸- عملکرد دانه تک‌بوتۀ ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 8. Seed yield per plant chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).



شکل ۹- عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 9. Seed yield of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

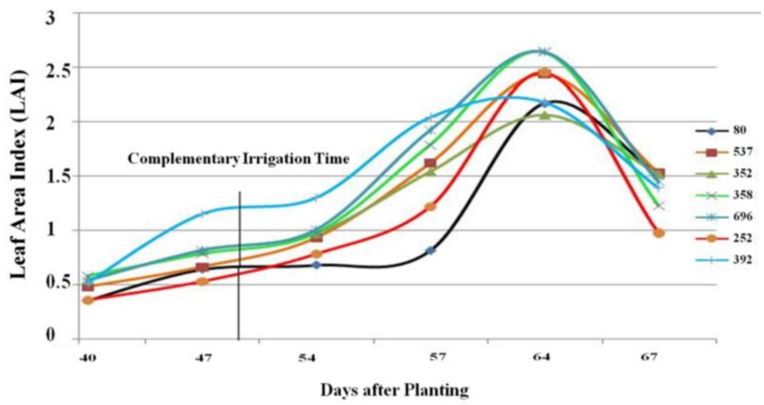
شاخص‌های رشد

مطالعهٔ روند تغییرات شاخص‌سطح‌برگ در ژنوتیپ‌ها نشان داد که پس از اِعمال آبیاری تکمیلی، سطح برگ در تمامی ژنوتیپ‌ها، به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافت و هرکدام از ژنوتیپ‌ها، متناسب با ویژگی‌های خود، با مقادیر و زمان‌های متفاوتی به حداکثر سطح برگ رسیدند (شکل۱۰). نظر به این‌که برگ‌ها اندام اصلی تلفات آب به‌صورت تبخیر و تعرق هستند، لذا به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی مانند MCC80، MCC392 و MCC352 که تعادل مناسبی از نظر برگ داشتند، تبخیر و تعرق کمتری داشته و از ذخایر رطوبتی خاک، در مراحل بعدی رشد و پُرشدن دانه‌ها به‌شکل مؤثرتری بهره گرفتند. به‌نظر می‌رسد عملکرد بالاتر دانه در ژنوتیپ‌های اخیر نسبت به ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC252 که از سطح برگ و تلفات تبخیر و تعرق بالاتری برخوردارند، به تلفات کمتر تبخیر و تعرق و ذخایر بیشتر رطوبتی در مراحل نهایی رشد نیز مربوط باشد.

بر اساس نتایج، سرعت رشد گیاه در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، روندی افزایشی داشت و ۶۰روز پس از کاشت، به حداکثر مقدار خود رسید (شکل۱۱). ژنوتیپ MCC358 اگرچه از سرعت رشد محصول بالایی برخوردار بود، اما در ادامه، میزان آن به‌سرعت به‌صورت فزاینده‌ای کاهش یافت (شکل۱۱). ژنوتیپ MCC252 نیز با سرعت رشد محصول نسبتاً مشابهی با سایر ژنوتیپ‌های پُرمحصول، به حداکثر میزان خود رسید، اما نسبت به این ژنوتیپ‌ها روند کاهشی سریع‌تری داشت (شکل۱۱). این موضوع ممکن است بخشی از عملکرد کمتر این دو ژنوتیپ را نسبت به ژنوتیپ‌های MCC80، MCC392 و MCC352 که از دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول پایدارتری در مراحل نهایی رشد برخوردار بودند، توجیه نماید.

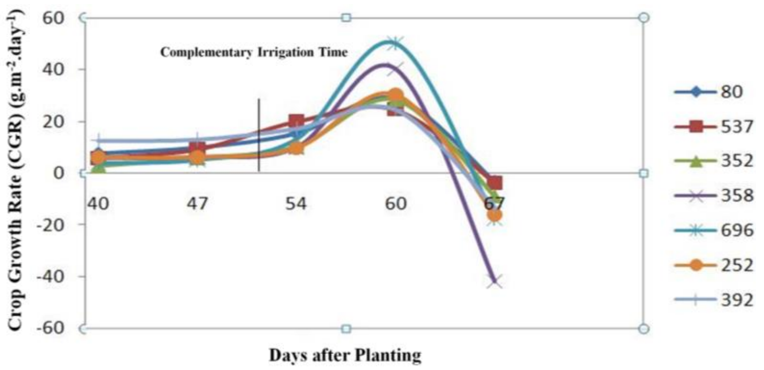
سرعت رشد نسبی در تمام ژنوتیپ‌ها تا۵۰روز پس از کاشت با شیبی ملایم رو به افزایش بود، اما پس از آن (بعد از آبیاری تکمیلی) افزایش یافت که این افزایش در ژنوتیپ MCC358 شدیدتر بود (شکل۱۲). افزایش سرعت رشد نسبی، در تمام ژنوتیپ‌ها تا ۶۰روز پس از کاشت (۱۰روز بعد از آبیاری تکمیلی) ادامه داشت و پس از آن با افزایش سن گیاه، کاهش یافت شکل (شکل۱۲). به‌نظر می‌رسد تا ۱۰روز پس از آبیاری تکمیلی و به‌دلیل دوام سطح برگ‌ها سرعت پیرشدن، به‌ویژه در برگ‌های پایینی گیاه، کاهش یافت و میزان فتوسنتز و استفاده از نور بیشتر شد و لذا سرعت رشد نسبی گیاه افزایش یافت. سرعت رشد نسبی در پایان دورهٔ رشد، به‌دلیل رسیدگی فیزیولوژیک دانه و افزایش تنفس و نیز افزایش سن برگ‌ها و ریزش آن‌ها و درنتیجه کاهش فتوسنتز جاری، منفی شد (شکل۱۲). به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC252 از حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی آخر فصل برخوردار بوده‌اند (شکل۱۲).

Rezaianzadeh (2008) گزارش کرد که آبیاری تکمیلی در مرحلهٔ گلدهی، باعث افزایش سرعت رشد نسبی می‌شود و درنتیجه افت منحنی سرعت رشد نسبی، با شیب کندتری حادث می‌شود.



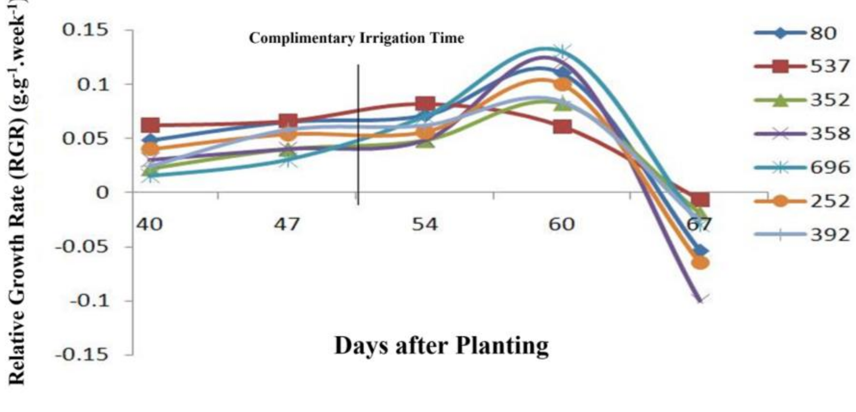
شکل ۱۰- تغییرات شاخص‌سطح‌برگ (LAI) در ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 10. Changes of Leaf Area Index (LAI) in chickpea genotypes



شکل ۱۱- تغییرات شاخص سرعت‌رشدمحصول (CGR) در ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 11. Changes of Crop Growth Rate (CGR) in chickpea genotypes



شکل ۱۱- تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) در ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 11. Changes of Relative Growth Rate (RGR) in chickpea genotypes

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر خصوصیات فنولوژیک (تعداد روزهای کاشت تا سبزشدن، گلدهی و غلاف‌دهی)، مورفولوژیک (تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته)، اجزای عملکرد دانه (تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه)، عملکرد دانه و شاخص‌های رشد وجود داشت. بر این اساس، هرچند ژنوتیپ تجاری کرج (MCC358) در رابطه با برخی از صفات مانند ارتفاع بوته و نیز شاخص‌های رشد وضعیت مناسبی داشت، اما در رابطه با صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه، از وضعیت مطلوبی برخوردار نبود. مقایسهٔ عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ MCC80 با ۹۷۰کیلوگرم در هکتار از بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های MCC252 و MCC358 به‌ترتیب با ۳۲۰ و ۳۲۴کیلوگرم در هکتار، از کمترین میزان این صفت برخوردار بودند. این میزان عملکرد دانه برای ژنوتیپ MCC80 در منطقهٔ مورد آزمایش با انجام آبیاری تکمیلی، بیش از دو برابر میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم و حدود ۷۵درصد میانگین عملکرد دانه نسبت به شرایط آبی در همین منطقه می‌باشد. این در حالی است که عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های شاهد MCC358 و MCC252، از متوسط عملکرد دانه در شرایط دیم محصول نخود منطقه نیز کمتر بوده است. بنابراین می‌توان ضمن تکرار چنین آزمایشاتی، گزینهٔ کشت ژنوتیپ‌هایی ازجمله MCC392، MCC352 و به‌ویژه MCC80 را همراه با آبیاری تکمیلی در زمان کاشت و هنگام گلدهی در این منطقه به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش، درنظر گرفت.

منابع

1. Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A, and Parsa, M. 1997. The Chickpea. Jahad Daneshgahi Publication. P. 444 (In Persian).
2. Chavan, L.S., and Patil, B.P. 1998. Effect of moisture-stree and phosphorus levels on the performance of garm (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agricultural Science 68: 600-602.
3. Dahiya, B.S., Grupta, K.R., and Waldia, M. 1983. Adaptation of chickpea varieties to late sowing. Indian Journal of Agricultural Science 53: 673-676.
4. Fallah, S., Ehsanzadeh, P., and Daneshvar, M. 2005. The effects of plant density and supplementary irrigation on yield and yield components of three chickpea varieties in rainfed conditions at Khorramabad (Lorestan province). Iranian Journal of Agriculture Science 36(3). (In Persian with English Summary).
5. Ganjeali, A. 2009. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 183-194. (In Persian with English Summary).
6. Ganjeali, A., and Parsa, M. 2009. Reactivity of yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to irrigation at different phenological stages. Final Report, Research Center for Plant Sciences, Mashhad Ferdowsi University. (In Persian).
7. Ganjeali, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 183-194. (In Persian with English Summary).
8. Ganjeali, A., Parsa, M., and Sabbaghpour, S.H. 2008. Pulses: Agriculture and Farming Systems. Jehad Daneshgahi Press, Mashhad. (In Persian).
9. Goldani, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2006. Effect of irrigation regimes on the phenological and physiological characteristics, yield and yield components of three chickpea genotypes under rainfed and irrigated conditions in Mashhad. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources 20: 21-32. (In Persian with English Summary).
10. Goldani, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2007. Effect of irrigation regimes and sowing dates on phenological characteristics and growth indices of three chickpea genotypes under rainfed and irrigated conditions in Mashhad. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources 14: 229-242. (In Persian with English Summary).

11. Gupta, U.S. 1997. Crop Improvement: Vol II. Stress Tolerance. Oxford and IBH Publishing. CO. PVT. LTD.
12. Hunt, R. 1994. Basic Growth Analysis. (Translated to Persian by M. Karimi & M. Azizi). Jehad Daneshgahi Press. P. 111
13. Kalyan, S., Vyas, M.D., Singh, P.P., Thakre, D.C., and Nema, D.P. 1988. Effect of irrigation and fertility levels on lentil. Lens Newsletter 15: 7-9.
14. Katiyar, R.P. 1980. Developmental changes in leaf area index and other growth parameters in chickpea. Indian Journal of Agricultural Science 50: 684-691.
15. Koochacki, A., and Nasiri, M. 1992. Crop Ecology. Jahad Daneshgahi Publication. P. 291 (In Persian).
16. Mekenzie, B.A., and Hill, G.D. 1995. Growth and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Canterbury, Newzealand. Newziland Journal of Crop and Horticultural Science 23: 467-474.
17. Pezeshkpour, P., Nory, M., Khorgamy, A., and Daneshvar, M. 2005. Effects of supplementary irrigation on grain yield and yield component, SPAD reading as indicator and light influence bottom of the canopy in chickpea cultivars. (In Persian). In: Papers CD of the 1st Iranian Pulse Symposium, p: 205-207, 20-21 November 2005, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
18. Porsa, H., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2010. Screening for earliness and characteristics related to yield improvement of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in terminal drought stress conditions. (In Persian). In: Abstract Book of the 3rd Iranian Pulse Crop Symposium p. 47, 19-20 May 2010, Agricultural Jihad, Kermanshah, Iran.
19. Rezaianzadeh, A. 2008. The effect of supplementary irrigation on yield and growth indexes of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
20. Saxena, M.C. 1990. Problems and potential of chickpea prouction in the nineties. In: Chickpea in the Nineties. p. 13-25. In: Prociding of the Second International Workshop on Chickpea Improvement, 4-8 Dec. 1989, ICRISAT. Potancheru, India.
21. Shobeyri, S., Ghasemi Golozani, K., Golchin, A., and Saba, G. 2007. The effect of water limitation on growth and yield of three chickpea cultivars in Zanjan. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources 14: 34-47. (In Persian with English Summary).
22. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1990. Studies on Drought Tolerance. Annual Report, ICARDA. Aleppo, Syria.
23. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Saxena, M.C., and Bejiga, G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. Agronomy Journal 89: 112-118.
24. Singh, P. 1991. Influence of water-deficits on phenology, growth and dry-matter allocation in chickpea *(Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 28: 1-15.
25. Singh, S.P. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 53: 161-170.
26. Thomson, B.D., and Siddique, K.H. 1997. Grain legume species in low rainfall Mediterranean environment type environment of WA. 1. Phenology and seed yield. Field Crops Research 54: 189-199.
27. Yadav, S.D., Chander, K., and Kumar, A. 1994. Response of late-sown gram (*Cicer arietinum*) to irrigation and phosphorus. Indian Journal of Agricultural Science 64: 24-28.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 12-27

Study the morphophenological characteristics, growth indices, yield and yield components of promising drought tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under supplementary irrigation in Nishabour

Porsa[1], H., Bagheri[2*], A., Ganjeali[3], A. & Abed[4], M.

1. Researcher (MSc.), Department of Pulses, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; porsa@um.ac.ir
2. Professor, Department of Biotechnology, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Associate Professor, Department of Biology, College of Sciences & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; ganjeali@um.ac.ir
4. MSc. in Agronomy, Nishabour

Received: 1 June 2016
Accepted: 1 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.56412

Introduction

In the region of Khorassan, chickpea often is sown traditionally at the end of the rainy season (March or April) based on the moisture stored in the soil. On the other hand, the amount and distribution of rainfall during the growing season is also very unsuitable. Therefore, the plants usually encounter intermittent drought stress during the vegetative growth and in the reproductive growth stage and may meet terminal drought stress and heat, simultaneously; resulting in a disturbance on pollination and assimilate the seed that leads to severe yield reduction. In these areas, the synchronization critical stages of plant phenology with adequate moisture in the soil is important. So, the selection of genotypes that their life cycle is completed before the heat and drought occurrence at the end of the season, is considered as a first step to improve the chickpea production under rainfed conditions.

Materials & Methods

In order to evaluate the morphophenological characteristics, yield and yield components of promising drought tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under supplementary irrigation, this study was carried out in Educational-Researching Farm of Shahid Rajaei, College of Agriculture in Neyshabour during 2010-2011. This study was performed based on Randomized Compelete Blocks Design with five promising chickpea drought tolerant genotypes (MCC80, MCC352, MCC392, MCC537 and MCC696) and two genotypes as control (ILC482 and Karaj 12-60-31) with four replications. Seeds were prepared from seed bank of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (Mashhad Chickpea Collection; MCC). Planting operations was performed in April 2011. Planting density was 30 plants.m^{-2} and row spacing was 50 cm. Two times irrigation as supplementary irrigation were applied at planting and flowering stages. Some characteristics such as days from planting to 50% of emergence,

[*]**Corresponding Author:** abagheri@um.ac.ir

flowering and podding; plant height; primary and secondary branches number per plant; leaf area index (LAI); crop growth rate (CGR); relative growth rate (RGR); seed yield and yield components (pods number per plant and 100Seed weight) were measured.

Results & Discussion

Based on the results, there were significantly differences among genotypes for all traits. Genotypes MCC80, MCC696, MCC392 and MCC537 had the lowest and genotypes MCC358 and MCC252 had the highest number of days from planting to flowering, in which the difference between them was significant ($P \leq 0.05$). MCC80 had the lowest plant height and MCC537 and MCC392 showed the highest. MCC80 and MCC358 had the highest and lowest number of pods per plant, respectively. It seems that MCC80 growth would avoid collisions with high temperatures and consequently the flowering has taken place in lower temperatures and higher soil moisture. The above factors led to a reduction of the failure of flowers, so the number of pods per plant increased in MCC80 (23 pods) significantly, compared other genotypes. Based on the results, on both grain yield per plant and seed yield, genotypes MCC252 and MCC358 showed the lowest and MCC80 had the highest rate.

Conclusion

Although Karaj12-60-31 (MCC358) as a commercial genotype, showed the highest plant height and growth indices, but for traits such as number of pods per plant, 100 seed weight and seed yield, was poor. The results showed that MCC80 with 970 Kg.ha-1 had the highest seed yield and ILC482 (MCC252) and Karaj12-60-31 (MCC358) had the lowest. The average yield for the MCC80 with supplementary irrigation in this region, was twice more than the yield in rainfed and 75% of yield in irrigated conditions in the region. However, the seed yield of commercial genotypes of Karaj12-60-31 (MCC358) and ILC482 (MCC252), were 324 and 320 Kg.ha-1 respectively. Totally, we recommend the repetition of such tests in this ares; in addition we can consider the genotypes such as MCC392, MCC352 and especially MCC80 as promising chickpea drought tolerant genotypes with supplementary irrigation during flowering in this area.

Keywords: CGR, Flowering, LAI, Primary and secondary branches, Pod number per plant, RGR